第27卷 第1期 腐蚀科学与防护技术 Vol.27 No.1
2015年1月 CORROSION SCIENCE AND PROTECTION TECHNOLOGY Jan. 2015

经验交流

浅谈塔河油田集输管线防腐工艺

李 芳 孙海礁 石 鑫 朱原原

中国石化西北油田分公司 乌鲁木齐 830011

摘要：总结了塔河油田目前的防腐现状，介绍了输油、输气管线常用的几种防腐方式，指出了管线在防腐生产加工和现场安装施工过程中存在的问题，并提出了相关意见和建议。

关键词：无溶剂环氧涂料 硬质聚氨酯泡沫 2PE/3PE 内防腐 外防腐

中图分类号：TG172 **文献标识码**：A **文章编号**：1002-6495(2015)01-0103-03

1 研究现状

截至2013年底，塔河油田油气田累计敷设集输管线8247.2 km，其中金属管线7107.4 km，非金属管线1139.8 km。针对不同管线材质、不同输送介质分别采取了相应的防腐措施。油气混输管线内防腐主要采用无溶剂环氧涂料内涂层、风送挤涂水泥砂浆内衬、高密度聚乙烯 (HDPE/HTPO) 内衬等，外防腐主要采用硬质聚氨酯泡沫防腐保温；输气管线因其较少发生内腐蚀穿孔，基本没有采取内防腐措施，外防腐采用聚乙烯 (2PE/3PE) 防腐。水处理系统管线主要采用玻璃钢、钢骨架或塑料合金复合管等非金属管材。

2 管线内、外防腐保温工艺

2.1 无溶剂环氧涂料内防腐

无溶剂环氧涂料是一种不含挥发性有机溶剂的环氧涂料，与溶剂型环氧涂料相比，具有以下优点：交联固化时无溶剂挥发，形成无孔涂膜，提供优异的防腐蚀性；耐化学药品性和绝缘性；每单位厚度涂膜成本较低[1]。2009年以后，塔河油田逐步实验并推广了无溶剂内涂工艺，防腐效果较好，现已累计应用280 km。

根据不同腐蚀环境对防腐层的要求，将无溶剂环氧防腐层分为普通级、加强级和特加强级[2]。塔河油田内防腐层干膜厚度设计要求不小于400 μm，即特加强级内防腐。

图1为无溶剂环氧涂料内涂层的照片，无溶剂环氧涂料内防补口采用专用补口小车 (带内窥镜) 内涂层补口机涂敷法[3]。将转换及显示器安装、调校好，启动焊缝内窥镜检测停车系统，到达焊缝位置。采用除锈小车对焊口处进行定位，启动钢丝旋刷打磨焊接后的焊渣药皮、焊瘤、毛刺、棱角等，除锈等级达到St3级。焊口除锈完成，吹扫干净后，采用管道内补口机进行涂敷作业。设定补口的厚度和宽度 (厚度≥400 μm，宽度≥200 mm，搭接≥50 mm)，进行自动补口，以保证涂敷质量和管道内表面单根预制质量基本保持一致，不得有漏涂、发粘、脱皮、气泡和斑痕等缺陷[4]。

2.2 硬质聚氨酯泡沫外防腐保温

图2为硬质聚氨酯泡沫防腐保温管线 (俗称黄夹克保温管) 照片，以其优异的防腐保温性能，被广泛用于塔河油田。硬质聚氨酯泡沫具有优良的隔热性能 (导热系数为0.03 W/m·℃)，高密度聚乙烯塑料管又有很高的强度 (拉伸、剪切强度可达到18~22 MPa) 和较大的弹性[5]，二者有机的结合，是针对塔河油田输油管线理想的防腐保温方式。

采用“内定径一步法”，使泡沫与管壳在常压下一次成型[6]。高密度聚乙烯经挤塑机熔融塑化后挤出，由专用机头呈管状熔体挤出，通过“内定径”装置冷却定型后成为塑料外套管。钢管穿过专用机头中心孔送入聚乙烯套管中心并与之同轴同步行进，同

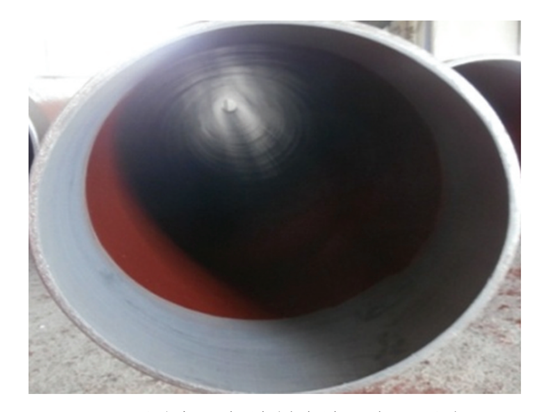


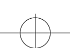
图1 无溶剂环氧涂料内涂层宏观照片

定稿日期：2014-03-18

作者简介：李芳，女，1986年生，助理工程师

通讯作者：李芳，E-mail: 583278530@qq.com，研究方向为腐蚀与防护

DOI: 10.11903/1002.6495.2014.081



时在两者之间的环形空间内连续喷注聚氨醋发泡液，反应发泡固化后形成保温层，并将钢管与套管粘合成为泡沫夹克管[7]。

黄夹克保温管补口施工时，在安装热收缩套前一定要先检查热收缩套内侧是否清洁。用火焰均匀加热，加热时从热收缩套的中间开始往两边加热，要避免气泡、收缩不匀现象的发生。热收缩套完全收缩后，应再次均匀、充分地加热热收缩套，使内层的热熔胶充分融化，以达到更好的粘结效果。

2.3 2PE/3PE外防腐

图3为聚乙烯外防腐层照片，其可分2PE和3PE两种方式，2PE底层为胶粘剂，面层为聚乙烯；3PE底层为环氧涂料，中间层为胶粘剂，面层为聚乙烯。3PE的环氧粉末涂层具有优异的金属附着力和抗阴极剥离性能以及优良的耐化学腐蚀性和抗氧化渗透性，聚乙烯涂层具有优异的抗冲击性能和抗水渗透性能[8]，两者通过中间层粘接剂粘接的配合而形成的复合涂层充分显现了各自的优点，是输气管线外防腐的首选方案。目前，具备3PE生产能力的有轮台胜利管道防腐有限公司和新疆准东石油技术股份有限公司工程建设事业部防腐厂。

在3PE的工艺过程中，有两个步骤需要进行加热。钢管抛丸除锈前需要预热至40~60 ℃，钢管涂覆涂层前需要预热至所需要的环氧粉末固化温度，均采用中频感应加热。



图2 硬质聚氨酯泡沫防腐保温层宏观照片



图3 聚乙烯外防腐层宏观照片

2PE/3PE外防腐补口工艺流程为：焊口喷砂除锈→焊口预热→涂覆底漆→安装热收缩带。其优点是通过环氧底漆的固化过程实现与热收缩带胶黏剂的黏结，安装时间较短；所需的施工装备较少。其缺点是无法保证环氧底漆的厚度和完整性，无法保证热收缩带胶黏剂的充分熔融，安装过程不可控；缺陷不易修复[9]。

3 存在的问题及建议

3.1 防腐层存在的问题及建议

(1) 内涂层厚薄不均匀、流坠甚至剥落。为达到设计要求的厚度，内防腐涂层在生产预制时，一次成膜厚度远超过设计值 (设计为≥400 μm)，但是涂层出现厚薄不均匀，流坠、剥落等现象，留下了腐蚀隐患，如图4所示。建议生产预制和设计相结合，以便得到最佳的涂层厚度及质量[10]。由表1可知，最佳涂层厚度为250~500 μm。

(2) 硬质聚氨酯泡沫存在微孔渗透现象。防护层破损后，腐蚀环境中的水分会直接与泡沫塑料保温层接触，在微孔渗透的作用下，水分充满管体，对管道造成危害。因此，控制泡沫塑料生产原料的用量和比例对管道防腐质量是非常重要的。建议在生产过程中应精确控制原料的比例，泡沫塑料层的性能经检测必须达到规定的要求，避免微孔渗透。

(3) 2PE/3PE防腐层翘边、开裂或剥离。钢管表面的预处理质量直接影响PE防腐层与管线表面的

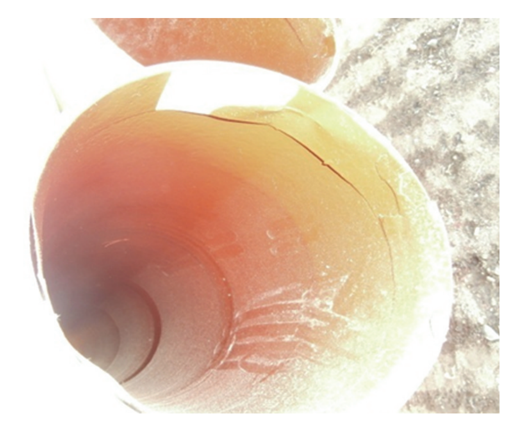


图4 无溶剂环氧涂料内涂层剥落宏观照片

表1 干膜厚度与涂层质量

防腐等级	涂层厚度 / μm	涂层质量
普通级	≥200	涂层均匀，但厚度很薄
加强级	≥250	涂层均匀，无流坠、无剥落
	≥300	涂层均匀，无流坠、无剥落
特加强级	≥400	涂层均匀，无流坠、无剥落
	≥500	涂层不均匀，局部有流坠、有剥落





图5 聚乙烯外防腐层剥离宏观照片

粘结力大小，粘结力又直接影响防腐层的开裂与剥离，如图5所示。建议严格控制钢管表面的预处理质量，在喷砂除锈前，应先清除表面的油脂和污垢等附着物，并要求钢管表面预处理后，需在8 h内涂敷防腐涂料[11]。如果涂防腐涂料前钢管表面已返锈，则必须重新进行表面处理。

3.2 现场施工中存在的问题及建议

(1) 生产线设备陈旧。有的生产线中传动轮上的胶皮老化，在传递防腐管材过程中对防腐层产生破坏；注塑机由于设备陈旧，制成的防水聚乙烯层过薄，达不到设计要求。建议生产厂家及时淘汰陈旧的生产设备，并按期进行检修，为产品质量提供保障。

(2) 现场施工条件恶劣或施工的方法不合理。冬季施工时除霜不彻底，防腐管材未烘干，便做防水保温；管材运输、装卸过程的保护措施不当，造成防腐层破坏。建议合理调整施工方法，保证防腐层不会遭到破坏。

(3) 补伤补口不达标。防腐层的补伤补口是埋地管道建设中的一个非常重要的环节，如果在现场作业中对补口部位处理达不到预期的效果，如表面泥土没清理干净、有油脂和污垢残留、存在氧化皮和油漆涂层附着物等，都会使得补口处粘接力达不到要求，引起防腐保温层剥离失效。建议在进行管线的补口施工时，应确保补口的施工工艺按规定进行，以确保达到规定的标准。

4 结论

(1) 针对不同区域、流程、管材及用途的管线采用不同的防腐保温形式。在穿越河流、胡杨林及农田等环境敏感区域和高含H_2S、高含CO_2、强冲刷等腐蚀恶劣区域要加强防腐等级。

(2) 在实际应用中，应考虑管线的施工条件、地理位置、施工方法等因素，合理选择涂层结构。

(3) 防腐生产加工和现场安装施工过程中，要严格控制生产工序，为管线的防腐质量提供保障。

(4) 管线的连接部位是腐蚀防护的薄弱环节，需要特别重视，有待研制并引进新的防腐工艺。

参考文献

[1] 李林辉, 李浩, 屠海波等. 油气集输管线内防腐技术 [J]. 上海涂料, 2011, 49(5): 31

[2] 如义, 张英. 天然气常输管道内涂层应用技术研究 [J]. 油气储运, 2000, 19(11): 1

[3] 杨晓鸿. 天然气管道双层熔结环氧粉末防腐体系的应用 [J]. 油气储运, 2005, 24(1): 43

[4] 张清玉. 油气田工程实用防腐蚀技术 [M]. 北京: 中国石化出版社, 2009: 71

[5] 米淇, 李庆林. 管道防腐蚀手册 [M]. 北京: 中国建筑出版社, 1992

[6] 李杰, 林荣芳, 常亚萍. 泡沫夹克防腐蚀保温层的材料选择与结构设计 [J]. 腐蚀与防护, 2008, 29(2): 80

[7] 张自立, 韩钟琴, 崔超等. 我国长输管道热收缩带补口应用现状与存在的问题 [J]. 现代涂料与涂装, 2010, 13(6): 64

[8] 陈群尧, 王善学. 埋地钢质管道新型三层PE防腐层的结构设计 [J]. 油气储运, 2001, 20(1): 17

[9] 许传新, 赵晓华, 贾晓江等. 钢制管道3LPE外防腐涂敷的新方法 [J]. 管道技术与设备, 2008, 3: 56

[10] 吴锡合, 贺三, 王成等. 一例无溶剂环氧涂层失效分析 [J]. 内蒙古石油化工, 2010, 18: 44

[11] 乔军平. 钢质管道三层PE防护涂层常见缺陷分析 [J]. 腐蚀与防护, 2007, 11: 590

